

**Die Entwicklung der Suturen und Synchondro-
sen der Schädelbasis des Kindes bis zum
fünften Lebensjahr**

**Darstellung anhand einer röntgen-
diagnostischen Auswertung**

Klaus Pemler

1970



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548328_0042

Aus der Neuroradiologischen Abteilung
(Vorsteher: Prof. Dr. K. DECKER)
der Nervenlinik der Universität München
(Komm. Direktor: Prof. Dr. M. KAESS)

Die Entwicklung der Suturen und Synchondrosen der
Schädelbasis des Kindes bis zum fünften Lebensjahr
- Darstellung anhand einer röntgendiagnostischen
Auswertung.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Klaus P e m l e r
aus München

München 1970

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter : Prof.Dr.med. K.Decker
Mitberichterstatter: Prof.Dr.med. M. Kaess
Dekan: Prof.Dr.med. Spann
Tag der mündlichen Prüfung: 6.10.1970



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG	3
II. ALLGEMEINE ERLÄUTERUNG DER ANATOMIE UND ENTWICKLUNG DER KINDLICHEN SCHÄDELBASIS	5
A) Zusammensetzung	
B) Entwicklung	
III. GRUNDLAGEN, TECHNISCHE PROBLEME UND AUSFÜHRUNG DER DIAGNOSTIK DES RÖNTGENBILDES	9
A) Technische Grundlagen der Entstehung	
B) Grundlagen und technische Fehlerquellen bei Erzeugung eines Röntgenbildes	
C) Die Deutung des Röntgenbildes	
D) Spezielle Darstellung des Schädels mit be- sonderer Berücksichtigung der Schädelbasis	
IV. MATERIAL UND ARBEITSGANG	16
V. AUSWERTUNG (EINGETEILT NACH ALTERSGRUPPEN VOM 1. BIS 5. LEBENSJAHR)	17
VI. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	27
VII. LITERATURVERZEICHNIS	29

I. EINLEITUNG

Das Thema "Die Entwicklung der Suturen und Synchondrosen der Schädelbasis des Kindes bis zum fünften Lebensjahr - Darstellung anhand einer röntgendiagnostischen Auswertung" stellte einerseits das Problem röntgendiagnostischer Fehler - die ja gerade z.B. beim Säuglingsschädel in großem Maße möglich sind (Verwechslungen von Suturen mit Brüchen u.ä.) - andererseits das des Herbeibringens der geeigneten und genügenden Anzahl von Kindern besonders in den unteren Altersbereichen. Zusätzlich mußten sämtliche Aufnahmen anschließend an eine klinische Schädelröntgenuntersuchung in Narkose gemacht werden, wobei ich mich an dieser Stelle für die geleistete zusätzliche Arbeit und Unterstützung durch die Schwestern und Röntgenassistenten herzlich bedanken möchte. Autoren wie GRASHEY-BIRKNER, MESCHAN oder CAFFEY haben - im Rahmen ihrer weitumfassenderen Werke - sich teilweise mit dieser Thematik beschäftigt. Hier soll anhand des vorliegenden Röntgenmaterials eine Auswertung und zusammenfassende Darstellung gegeben werden. Dazu einige grundsätzliche Bemerkungen und Definitionen:

Man unterscheidet bei den Knochenverbindungen

1. die *Junctura fibrosa*, auch genannt Bandhaft oder Sutura, die aus Bindegewebe als Rest der bindegewebigen Anlage des Schädels - ebenso wie auch die Fontanellen - bestehen, und zwar aus einem schmalen Streifen in den Nähten zwischen den Schädelknochen, die mit reichlichen Sharpeyschen Fasern in die benachbarten Knochen eindringt und sie so fest aneinander verankert. Bei einer Zahnung, das heißt einem

Ineinandergreifen der Knochen, spricht man von Sutura serrata (Hirnschädel), bei glatter Begrenzung von Sutura plana (Gesichtsschädel).

2. die Juntura cartilagenia, genannt Knorpelhaft oder Synchrondrose, verbindet die Knochen mit Faserknorpel als Rest der ursprünglich knorpeligen Schädelbasis.
3. die Synostosen, das sind knöcherne Verwachsungen, treten erst bei der Altersverknöcherung auf und entstehen aus den Suturen oder Synchrondrosen. Für meine Untersuchungen sind sie daher von geringerer Bedeutung.

Die Entwicklung der Synchrondrosen und Suturen der Schädelbasis und die Probleme ihrer Darstellung sollen im Folgenden behandelt werden.

II. ALLGEMEINE ERLÄUTERUNGEN DER ANATOMIE UND ENTWICK- LUNG DER KINDLICHEN SCHÄDELBASIS

A) Zusammensetzung.

Die Schädelbasis besteht aus drei Schädelgruben:

- a) vordere Schädelgrube (Fossa cranii anterior) gebildet aus dem Pars orbitale des Os frontale, der Lamina cribrosa des Os ethmoidale und den Alae minores des Os sphenoidale,
- b) mittlere Schädelgrube (Fossa cranii media) bestehend aus einem schmalen Mittelteil: Sella turcica des Corpus os sphenoidale und beiderseits ausladenden Seitenteilen (den eigentlichen Gruben):
Facies cerebralis des großen Keilbeinflügels
Facies cerebralis der Schläfenschuppe und der
Facies anterior des Felsenbeins,
- c) hintere Schädelgrube (Fossa cranii posterior) gebildet von der Facies posterior des Felsenbeins und dem Os occipitale (Fossa cerebellaris).

B) Entwicklung.

Der wesentliche Teil der Schädelbasis wird aus knorpelig vor- gebildeten Teilen entwickelt (Primordial- oder Chondrocranium). Dieser Teil des Schädels ist bereits im 3. Keimlingsmonat voll knorpelig vorhanden. Als erste Teile des Primordialcraniums entstehen beiderseits des cranialen Chordaendes zwei Knorpel- stücke (Parachordalia). Cranial davon bilden sich bald zwei weitere Knorpelstücke: Die "Schädelbalken" oder "Trabeculae", zwischen denen später die Hypophysentasche mit dem Processus infundibuli in Verbindung steht. Die Anlagen der Sinnesorgane werden gleichzeitig von knorpeligen Kapseln (Nasen-, Augen-

und Labyrinthkapsel) umgeben. Alle diese vorerst getrennten Knorpelstücke verschmelzen bei weiterem Wachstum zu dem einheitlichen Primordialcranium, aufgeteilt in Ethmoidal-, Orbital-, Labyrinth- und Occipitalregion. Demnach entstehen aus knorpelig vorgebildeten Knochen (durch Verknöcherung des Primordialcraniums) aus der Ethmoidalregion: der grössere Teil des Os ethmoidale und die Concha nasalis inferior; aus der Orbitalregion: der grössere Teil des Os sphenoidale; aus der Labyrinthregion: das Felsenbein, und aus der Occipitalregion: die Pars basilaris, die Partes laterales und der untere Teil der Schuppe des Os occipitale. Als Deck- oder Belegknochen bilden sich im Abschnitt des Schädelbasis: Os frontale, Pars squamosa, die Pars tympanica ossis temporalis und der obere Teil der Schuppe des Os occipitale. Bis weit nach der Geburt bleiben Teile der bindegewebigen Anlage vorhanden. In grösserem Ausmass in den sogenannten "Fonticuli":

- a) Fonticuli anterolateralis (sphenoidalis) beiderseits; begrenzt durch Stirnbein, Scheitelbein, die Schuppe des Schläfenbeins und dem grossen Keilbeinflügel.
- b) Fonticulus posterolateralis umschlossen von der Pars petrosa des Schläfenbeins (Mastoid bildet sich erst später), der Hinterhauptsschuppe und dem Scheitelbein.

Das Hinterhauptbein des Neugeborenen ist noch nicht einheitlich. Es besteht aus a) Schuppe, b) Partes laterales und c) Pars basilaris. a) und b) sind durch Synchondrosis intraoccipitalis posterior, b) und c) durch die Synchondrosis intraoccipitalis anterior voneinander getrennt. Der obere Teil der Schuppe (Bindegewebsknochen) ist jedoch schon meist fast vollständig mit dem Hauptabschnitt verwachsen, so daß nur noch die seitlichen

Teile der Sutura intraoccipitalis transversa (zwischen supraoccipitalem und intraoccipitalem Abschnitt der Schuppe) vorhanden sind. Diese Naht bleibt in sehr seltenen Fällen auch beim Erwachsenen erhalten (Variation). Nach GRASHEY-BIRKNER ist diese Sutura bis zum 5. Lebensjahr sichtbar; nach CAFFEY bleibt bei 0,4% diese zu sehen (accessorische Knöchelchen). Die Synchrondrosis sphenoccipitalis zwischen Keilbein und Hinterhauptbein schließt meist erst endgültig vom 16. bis 20. Lebensjahr. Nach MESCHAN erfolgt der Schluß dieser Synchrondrosis nicht vor dem 25. Lebensjahr, nach GRASHEY-BIRKNER findet jedoch bereits im 20. Lebensjahr, nach SCHINZ bereits im 15. bis 16. Lebensjahr diese Veränderung statt. Im Keilbein ist die Synchrondrosis intrasphenoidalis bereits im 7. Fetalmonat verschlossen, Reste von ihr sind aber fast immer (nach SOBOTTA-BECKER) im Kindesalter bis zum 13. Lebensjahr nachweisbar.

Die späteren Suturae occipito-mastoideae (Schluß 16. - 20. Lebensjahr), sphenosquamosae (Schluß 20. - 30. Lebensjahr) und parieto-temporales sind beim Neugeborenen und Säugling noch bindegewebig breit angelegt. Die späteren (einzigen!) Knorpelhaften der Schädelbasis des Erwachsenen: Synchrondrosis petrooccipitalis (Schluß nach GRASHEY-BIRKNER nach dem 16. Lebensjahr) und sphenopetrosa sind beim Neugeborenen noch breit und deutlich angelegt (die Felsenbeinpyramide ist durch Faserknorpel als Rest der ursprünglich knorpelig angelegten Schädelbasis mit der Pars basilaris des Os occipitale hinten und vorne mit dem Keilbein verbunden - Foramen lacerum!). Beim Neugeborenen fehlt der Warzenfortsatz noch völlig. Er beginnt sich erst unter der Zugwirkung des Musculus sternocleidomastoideus im 1. und 2. Lebensjahr zu bilden.

Das postnatale Wachstum erfolgt durch Knochenneubildung an den Schuppenwänden. Die Grundlage hierfür bildet das sich immer wieder erneuernde Nahtbindegewebe (Flächenzunahme). Die Dickenzunahme erfolgt wahrscheinlich durch periostale Knochenapposition. Das Längenwachstum der Schädelbasis wird durch die einzelnen Synchrondrosen ermöglicht, die zu verschiedenen Zeiten obliterieren. Beim Neugeborenen kann man noch nicht von eigentlichen Nähten sprechen, sondern von bindegewebigen Spalten (z.B.: Sagittalnaht bis zu 3 mm breit). Im Laufe des ersten Lebensjahres verschmälern sich die Spalten, im 2. Lebensjahr zeigt sich eine Zählung an der Tabula externa, erst im 3. Lebensjahr erfolgt die Ausbildung der sekundären Verzahnung und Beendigung der Nahtbildung - während die Tabula interna noch Spaltenform aufweist. Die Diploe bildet sich erst im 2. Lebensjahr. Die Impressiones und Jugae entstehen erst im 2. Lebensjahr und sind am deutlichsten vom 4. bis 5. Lebensjahr sichtbar. Die Lichtung des Türkensattels ist beim Neugeborenen klein und schüssel- bis muldenförmig. Das Dorsum sellae ist kurz und plump (Processus clinoides posterior ist nur knorpelig vorhanden und daher im Röntgenbild nicht sichtbar).

III. GRUNDLAGEN, TECHNISCHE PROBLEME UND AUSFÜHRUNG DER DIAGNOSTIK DES RÖNTGENBILDES

A. Technische Grundlagen der Entstehung:

- a) Das Wesen der Röntgenstrahlen, mehr oder weniger jede Materie durchdringen zu können, ergibt sich aus der Tatsache, daß die Wellen des Röntgenspektrums nicht grösser sind als der mittlere Abstand der Atome, aus welchen sich die Materie aufbaut (er entspricht ungefähr einem Angström = zehnmillionstel Millimeter). Abgesehen von der für die Meßtechnik wichtigen Ionisation, die - wie auch ihre biologische, chemische oder physikalische Wirkung - auf Abspaltung von negativen Elektronen aus den getroffenen Atomen beruht, wirken folgende Eigenschaften beim Aufbau des diagnostischen Röntgenbildes mit:
1. Die Durchdringungsfähigkeit der Röntgenstrahlen, entsprechend ihrer Härte oder mittleren Wellenlänge, bedingt durch die Röhrenspannung.
 2. Die Schwächung der Röntgenstrahlen, abhängig von Dicke, Dichte und Ordnungszahl der Atome des zu durchleuchtenden Körpers.
 3. Die allseitig geradlinige Ausbreitung vom Entstehungsort (Röhrenbrennfleck oder Streustrahlenursprung).
 4. Die Fluoreszenzerregung.
 5. Die Einwirkung auf photographische Schichten.
 6. Die Erzeugung von Streustrahlen beim Durchgang durch ein Medium.

- b) Die Entstehung der Röntgenstrahlen liegt darin, daß sie
- vereinfacht dargestellt - Überall dort auftreten, wo Kathodenstrahlen, also mit hoher Geschwindigkeit frei fliegende Elektronen, mit Materie zusammenprallen. Die Hauptmasse der dabei erzeugten Strahlung ist "Bremsstrahlung", die - im Gegensatz zur Eigenstrahlung - polarisiert entsteht (wie ein durch das Nikoll-Prisma geschicktes Licht). Die Energieverteilung der Röntgenstrahlen ist dabei von der Röhrenspannung, also von der Quantgrösse der Elektronen, abhängig; je höher diese ist, desto höher der Anteil an kurzwelliger Strahlung.
- c) Die wesentlichen Grundelemente des Röntgenapparates sind:
- Hochspannungsquelle (Transformator, Kondensator) Entladungsröhre (Röntgenröhre wie Hochvakuum- oder Glühkathodenröhre). Die für die Erzeugung einer diagnostischen Verwertung benötigte Spannung liegt zwischen 40.000 V (weiche Strahlung) und 100 000 V (harte Strahlung).
2. Grundlagen und technische Fehlerquellen bei Erzeugung eines Röntgenbildes.
- a) Das Schattenbild des durchstrahlten Objekts wird durch das optische Kernstück der Röntgenröhre, den Brennfleck, bestimmt - je kleiner er ist, desto schärfer ist das Bild.
- b) Die Grössenrichtigkeit und Schärfe des Bildes erhöht sich:
1. je näher sich das abzubildende Objekt an der Bildebene befindet;
 2. je weiter der Brennfleck der Röhre vom Objekt entfernt ist;
 3. je kleiner der Brennfleck ist.

Die Unschärfe des Bildes, definiert durch die Breite der Halbschattenzone, findet Ausdruck in der Formel:

$$\text{Unschärfe} = \frac{\text{Brennfleckendurchmesser} \times \text{Abstand Objekt - Film}}{\text{Abstand Fokus-Objekt}}$$

- c) In schräger Zentralprojektion - anstatt in senkrechter - wiedergegebene Körper können eine erhebliche Verzerrung ihrer ursprünglichen Gestalt zeigen. Wichtig für die Deutung des Bildes ist, daß verschiedene Körper (vor allem beim Vorliegen von Anomalien), je nach ihrer Lage zum Strahlengang, gleichartige Schattenbilder geben können (z.B. wird eine hochkant gestellte Fläche als Linie projiziert).
- d) Die Bildverschiebung durch die räumliche Parallaxe, das ist die Ortsveränderung des Schattenbildes als Folge einer seitlichen Verschiebung des Objekts bei feststehender Lichtquelle oder umgekehrt, stellt eine weitere Störquelle dar.
- e) Schließlich muß noch die Strahlenschwächung durch das Objekt selbst beachtet werden, zusammengesetzt aus:
 - 1. Absorption (Überführung in eine andere Energieform). Sie wächst exponentiell bei zunehmender Ordnungszahl der Atome, Dichte und Dicke und Wellenlänge der verwendeten Strahlung. Basorptionsdifferenzen, welche auf Dichteunterschieden beruhen, treten günstigsten Falles zwischen Fett und den übrigen Weichteilen einerseits und zwischen Knochen und Weichteilen andererseits auf, wobei sie hier in erster Linie aus der höheren Ordnungszahl des Calciums folgern.
 - 2. Streuung: Die störende Wirkung der Streu- oder Sekundärstrahlung besteht in einer Verschleierung und dadurch einer Kontrastverminderung des Bildes, da sie nach allen beliebigen

Richtungen verlaufen und eine zusätzliche Schwärzung auf dem Film oder allgemeine Aufhellung auf dem Schirm bewirken. Sie nimmt mit Körperdicke und -ausdehnung sowie der Härte der Strahlung zu.

C. Die Deutung des Röntgenbildes.

- a) Im Gegensatz zur Linsenoptik, die einen Gegenstand umso kleiner projiziert, desto weiter er von der Bildebene entfernt liegt, ist das beim Röntgenbild umgekehrt. Was also bei ihm groß erscheint, liegt weiter, was klein erscheint näher.
- b) Das Filmnahe ist schärfer und kontrastreicher als das Filmferne. Das Objekt erscheint als ein System von verschiedenen stark durchsichtigen Einzelteilen. Es ergibt sich ein sogenanntes "Schwächungsschattenbild". Vorn, hinten, Oberfläche und Inneres sind weder unterscheid- noch trennbar. Die stark absorbierenden Teile, wie z.B. Zahnfüllungen, erscheinen konturscharf aber strukturlos. Knochenteile weisen je nach Dicke alle Schattenabstufungen mit mehr oder weniger Struktur auf. Weichteile sind allenfalls an den Kopfrändern bei Profilstellung als zarte Schatten (im Film als zarte Aufhellungen) zu erkennen. Eine besondere Schwierigkeit bei der Deutung des Röntgenbildes entsteht dadurch, daß eine bestimmte Schwärzung (als Ergebnis der Gesamtschwärzung), ohne Zuhilfenahme bestimmter Merkmale (Form), nichts über ihre Entstehung auszusagen vermag, nämlich ob es sich um einzelne oder wiederholte Schwächungen handelt. Für die Orientierung auf dem Röntgenbild, sind folgende Punkte von Wichtigkeit:

1. Lage des Körpers bei der Aufnahme;
2. welche Seite des Films ist welcher Objektseite zugewandt;
3. welcher Punkt des Films bildet den Fußpunkt des Zentralstrahls.

D. Spezielle Darstellung des Schädels mit besonderer Berücksichtigung der Schädelbasis.

- a) Postero - anteriore Aufnahme (occipito - frontal).

Sie dient der Übersichtsdarstellung des gesamten Schädels in sagittaler Strahlenrichtung - dabei bevorzugte Abbildung der vorderen Vertikalebenen des Schädels. Die Lagerung erfolgt in Bauchlage, der Kopf liegt symmetrisch mit Stirn und Nasenspitze der Tischplatte an. Beidseitig wird der Kopf mit Schaumstoffkissen u.ä. abgestützt.

- b) Antero - posteriore Aufnahme (Zentrierpunkt: Stirn).

Zur Übersichtsdarstellung des ganzen Schädels in sagittaler Strahlenrichtung. Hierbei findet bevorzugte Abbildung der hinteren Vertikalebenen des Hirnschädels statt. Das Bild wird in Rückenlage, Hinterhaupt symmetrisch der Tischplatte anliegend, Kinn angezogen, angefertigt.

- c) Fronto - occipitale Aufnahme (Hinterhauptsaufnahme, Zentrierpunkt: Scheitel).

Dabei werden das Os occipitale und die hintere Schädelgrube abgebildet. Die Aufnahme erfolgt in Rückenlage, Hinterkopf stark dem Brustbein genähert, das Kinn ist angehoben.

- d) Die halbaxiale Aufnahme (occipito - naso - mental) Zentrierpunkt: Mundboden.

Der Gesichtsschädel und besonders der Sinus frontalis sowie

maxillaris und die Orbita werden bevorzugt dargestellt.

Hierbei wird der Patient auf den Bauch gelagert.

e) Die Axial-Aufnahme (submento - cranial) Zentrierpunkt:

Mundboden.

Diese Aufnahme bringt die Darstellung der vorderen und mittleren Schädelbasis, wobei auf dem Rücken, mit stark nach hinten geneigten Schultern und Kopf, gelagert wird.

f) Die Übersichtsaufnahme.

Dabei erfolgt die Abbildung der Sagittalebene des Schädels in frontaler Strahlenrichtung. Die Schädelkalotte wird bei Einstellung des Zentralstrahls knapp über der Ohrmuschel in die Mitte eines kreisförmigen Ausschnittes projiziert. Bei Einstellung auf einen Punkt 2 cm vor dem äusseren Gehörgang und 2 cm über den Augen wird die Sella mit erfaßt und eine Verprojektion in der vorderen Begrenzung der mittleren Schädelgruben vermieden.

Die Technik von Leeraufnahmen oder Kontrastuntersuchungen des kindlichen Schädels verlangt eine Anpassung an die veränderten Grössenverhältnisse sowie häufig die Notwendigkeit einer allgemeinen Anaesthesie. Wegen dieser veränderten Grössenverhältnisse gegenüber dem Erwachsenen ist eine geringfügige Anpassung der Winkelmaße und kürzere Belichtungszeiten zur Vermeidung von Bewegungsunschärfen nötig. Dazu kommen beim Säugling noch die bereits angeführten anatomischen Besonderheiten des Schädels, die oft Verwechslungen mit künstlichen Veränderungen, z.B. Fraktur bei der Sutura mendosa nahelegen, während die Verhältnisse bei älteren Kindern wie bei Erwachsenen erscheinen.

Normale Schädelmaße
(Fokus-Film-Abstand 1 m)

<u>Alter</u>	<u>Länge</u>	<u>Breite</u>
1/4	15,9	12,3
1/2	16,1	13,6
3/4	17,0	14,6
1	17,5	14,6
1 1/2	17,9	14,3
2	18,8	14,7
3	19,6	15,3
4	19,8	15,2
5	20,0	15,4

nach J.M. TAVERAS "Die neuroradiologische Untersuchung
im Kindesalter", Buch "Klinische Neuroradiologie" von
Prof. Dr. K. DECKER.

IV. MATERIAL UND ARBEITSGANG

A. An Material standen 100 Röntgenserien von je 4 Bildern pro Kind (siehe unter B.) zur Auswertung zur Verfügung. Besonders die Altersbereiche vom 1. bis 2. Lebensjahr und j vom 3. bis 5. Lebensjahr waren zahlenmäßig am stärksten vertreten.

B. Arbeitsgang

I. Anfertigung von je 4 Schädelübersichtsaufnahmen:

1. Seitenaufnahme (Schädelprofilbild)
2. Sagittalaufnahme (ante - posterior)
3. Axialbild (die typische Schädelbasisaufnahme)
4. Halbaxial (Schrägaufnahme)

Darstellung der Hinterhauptsschuppe, des Foramen occipitale magnum, Felsenbeinkante, sowie der Boden der mittleren Schädelgrube.

Diese Aufnahmen wurden im Rahmen einer klinischen Untersuchung der Kinder dieser Altersgruppe in Narkose angefertigt.

II. Vergleichende Betrachtung und Auswertung der Röntgenbilder, eingeteilt nach Altersgruppen.

V. AUSWERTUNG

Erstes Lebensjahr

a) Neugeborene - 1. Monat .

Sämtliche "Nahten" sind bei den vorhandenen Fällen breit, glatt begrenzt und häutig dargestellt. Die Breite variiert, liegt aber durchschnittlich bei 2 bis 3 mm (nur wenige Fälle lagen mit geringeren Nahtabständen vor). In 85% der Fälle ließ sich eine Sutura mendosa feststellen (nach GRASHEY-BIRKNER beobachtete Grob in 93% der Fälle diese Naht, wobei der Unterschied zu dem vorliegenden Bericht wohl in der grösseren Anzahl der ihm zur Verfügung stehenden Fälle zu suchen ist). Relativ selten war diese Naht voll erkennbar, meist jedoch klar gezeichnet, leicht gezackt und geschwungen, wobei sie besonders in den lateralen Dritteln eine mittlere Stärke von 1,5 mm aufwies. Bei der Einmündung in den Fonticulus postero-lateralis war immer eine trichterartige Erweiterung bis ungefähr 3 mm festzustellen. Ein großer Prozentsatz (70%) ließ noch schattenhaft undeutlich, neben dem deutlich sichtbaren Verlaufsteil, die gesamte Naht in den medialen Anteilen erkennen. Der Fonticulus postero-lateralis ist noch klar und deutlich begrenzt dargestellt, mit einer durchschnittlichen Länge von 1 - 1,5 cm und einer durchschnittlichen Breite von 1,5 - 2,5 cm. Am Abgang der einzelnen Nahten sind immer breite Aussackungen zu bemerken. Die Synchondrosis intraoccipitalis posterior ist breit und häutig dargestellt - in ihrem medialen Drittel jedoch entschieden stärker - und in den meisten Fällen von unregel-

mäßigen Rändern begrenzt (zapfenartig vorspringend). Ähnliches gilt für die Synchondrosis intraoccipitalis anterior, was Breite und Aufbau betrifft. Die Synchondrosis sphenoccipitalis ist 3 - 4 mm stark, deutlich und glatt begrenzt, ebenso wie die, aber nicht ganz so breite, Fissura petrooccipitalis und sphenopetrosa deutlich zu erkennen. Die anderen Suturen - petrosquamosa, occipito - mastoidea und parietotemporalis - sind noch häutig und glatt. Der Fonticulus anterolateralis ist gut zu sehen (kreisartige Form), erscheint aber in manchen Fällen (besonders im 1. Monat) an seinen Rändern bereits nicht mehr scharf gezeichnet. Eine Synchondrosis intersphenoidalis (nach GRASHEY-BIRKNER bis zum 7. Fetalmonat vorhanden, nach SOBOTTA-BECHER sind Reste dieser Synchondrosis fast immer im Kindesalter bis zum 13. Lebensjahr nachweisbar) bzw. einen Rest davon konnte ich nur bei zwei Fällen mit großer Wahrscheinlichkeit feststellen.

b) 3. und 4. Monat.

Im wesentlichen hat sich am Verlauf und an der Ausbildung der Synchondrosen nichts geändert, wenngleich besonders an den, an den lateralen Teilen der Schädelbasis gelegenen Nahten (z.B. parietotemporalis und petromastoidea), ein geringes Zusammenrücken der Ränder feststellbar ist. Am augenscheinlichsten waren die Veränderungen am Fonticulus anterolateralis, der in jedem Fall deutlich verändert und verengt, wenn nicht bereits voll geschlossen, war. Meist war der Fonticulus anterolateralis im 4. bis maximal 5. Monat geschlossen. (70%), wobei durch die etwas hellere Knochenstruktur die Lage der früheren Fontanelle noch deutlich zu be-

zeichnen war. Selten war sie zu Beginn des 6. Monats noch nicht vollständig geschlossen dargestellt. In immerhin 40% der Fälle war der Schluß bereits Ende des 3. Monats nachweisbar (nach MESCHAN schließt sich diese Fontanelle im 3. bis spätestens 6. Monat). Die Überwiegende Anzahl der Fälle zeigte bereits im 1. bis 2. Monat eine schnell zunehmende Verkleinerung und streifige Zeichnung des Fonticulus anterolateralis. Die Lambdanaht ist breit und häutig, ungezackt (caudal breiter) dargestellt. Die Sutura mendosa war hier in 95% der Fälle nachweisbar. Zusätzlich stellt sich ein ausgeprägter, scharf gezeichneter Fonticulus posterolateralis dar. Verlauf und Breite der Nahten insgesamt sind zu den unter a) gemachten Angaben nicht oder nur unwesentlich verändert.

c) 5. und 6. Monat

Die caudalen Teile der Lambdanahte sind noch breit und häutig angelegt und weisen keine Zähnelung auf. In den meisten Röntgenbildern findet man die Sutura mendosa in ihrem lateralen Drittel bis Zweidrittel klar dargestellt, jedoch sind bei den vorliegenden Aufnahmen die restlichen Verlaufsteile nur noch in einem Fall, und da unscharf, zu erkennen. Der Fonticulus posterolateralis ist zwar, was seine Grösse betrifft, noch deutlich gezeichnet, seine Ausbuchtungen erscheinen aber im Bezug auf den 3. Monat (siehe b) verschmälert. Noch breit dargestellt ist - ähnlich dem 3. Monat - die Synchondrosis intraoccipitalis posterior. Die "Fissura" petrosquamosa, Sutura occipitomastoidea, parietotemporalis

und sphenosquamosa sind noch bindegewebig und glatt begrenzt angelegt. Der Fonticulus anterolateralis erscheint in 98% der Fälle bereits geschlossen, wenn auch streifig in seiner früheren Anlage noch manchmal erkennbar. Nur noch in wenigen Fällen läßt sich eine leichte nicht geschlossene Stelle dieser Fontanelle nachweisen. Entsprechend dem 3. Monat zeigt sich die Ausbildung der Synchrondrosis intraoccipitalis anterior und posterior. Die Synchrondrosis petrooccipitalis und petrosphenosa (beide später Fissuren nach SOBOTTA-BECHER) sind nach wie vor breit angelegt - sie entsprechen in ihrer Stärke etwa der Hälfte bis einem Viertel der Synchrondrosis sphenooccipitalis.

d) 7. bis 12. Monat

Allgemein verengen sich jetzt die Nähte auf maximal 1 - 2 mm (bis zum Beginn des 2. Lebensjahres). Die Lambda-naht weist bereits eine - im 7. Monat beginnende - Binnen-zähnelung und eine deutliche Annäherung ihrer Ränder auf. Dabei schreitet diese Annäherung bei den cranialen Teilen in fast allen Fällen schneller fort, während die caudalen Anteile (in Richtung auf den Fonticulus posterolateralis) zwar gezackt, aber breit und spaltförmig getrennt sind. Der Fonticulus posterolateralis ist in seiner Anlage noch grundsätzlich gut erkennbar, wenn auch im Laufe der Monate eine deutliche "Streifung" und unscharfe Zeichnung (mit gezackten Rändern) auftritt. Hier kann jedoch kein einheitliches Bild gefunden werden - teilweise ist die Fontanelle schon geschlossen, teilweise erst im Schluß begriffen.

Sicher beginnt der Schlußvorgang in allen Fällen in der zweiten Hälfte des ersten Lebensjahres. In keinem Fall ließ sich noch ein offener Fonticulus anterolateralis nachweisen, während die nun vorhandene bindegewebige Anlage der Sutura sphenoparietalis vom 7. bis 12. Monat deutlich an Stärke abnahm. Die Synchronodrosis intraoccipitalis posterior wird zunehmend fein, strich- bis spaltförmig, ist aber in jedem Fall noch scharf erkennbar (Stärke entspricht etwa $\frac{1}{4}$ der Nahtstärke zur Zeit des 3. Monats). In einigen Fällen (besonders ab Beginn des 8. Monats) tritt eine mehr oder minder deutliche Randzähnelung zu Tage. Die Synchronodrosis intraoccipitalis ist immer breit und deutlich zu erkennen, ebenso wie die Synchronodrosis sphenoooccipitalis. Gut sichtbar sind die Synchronodrosis petrooccipitalis und die Synchronodrosis petrosquamosa, wenngleich eine auffallende Verschmälerung der lateralen Hälften bis zum Ende des 1. Lebensjahres zu beobachten ist. Die Sutura occipitomastoidea zeigt sich zwar nur noch strichförmig, ist in ihrem Verlauf aber klar zu erkennen (Mastoide sind bereits gering entwickelt!). Die Ränder der Sutura temporoparietalis rücken im dorsalen Teil in geringerem Ausmaß zusammen als im ventralen. Es besteht trotz dieser Veränderungen im gesamten Verlauf noch eine klare spaltförmige Trennung der Ränder (besonders gehäuftes Auftreten von Zähnelungen an diesen Nahten findet man erst im 11. bis 12. Monat). Allgemein kann man für das erste Lebensjahr feststellen: Fonticulus anterolateralis ist bis spätestens 5. - 6. Monat geschlossen; Fonticulus posterolateralis schließt sich im Laufe der zweiten

Hälfte des 1. Jahres, wobei der Schließungsbeginn teilweise schon im 4. Monat zu beobachten ist; die noch bindegewebig angelegten Suturen und zum Teil auch die knorpeligen Synchrondrosen verschmälern sich deutlich; bereits im 7. Monat ist die erste Zähnelung an den Nahträndern zu beobachten; in einem großen Prozentsatz (85 - 90%) ist eine Sutura mendosa noch zumindest nachweisbar.

Zweites Lebensjahr

a) 13. bis 18. Monat

Bei der Lambdanaht tritt eine verstärkte Zähnelung der Nahtränder auf (sie zeigt sich generell bei allen "Nahten" als Primärzähnelung, am stärksten um die Zeit des 16. Monats). Deutlich schreitet in diesem Zeitraum von cranial nach caudal die Annäherung der Ränder fort. Der Fonticulus posterolateralis ist jetzt zum großen Teil bereits geschlossen. Besonders die Röntgenbilder des 13. bis 14. Monats zeigen aber teilweise anstelle des früheren Fonticulus eine hellere streifige Knochenzeichnung. In allen Röntgenaufnahmen stellt sich die Synchrondrosis intraoccipitalis posterior deutlich, wenn auch nur noch fein und strichförmig dar. Ihre Dicke nimmt bis zum 18. Monat hin nicht sichtbar ab, während eine - durchschnittlich im 11. Monat beginnende - Zähnelung ihrer Ränder immer häufiger und ausgeprägter auftritt. Dagegen zeigt die vergleichende Betrachtung der Synchrondrosis intraoccipitalis anterior zum Zeitpunkt von 12 Monaten gegenüber 18 Monaten nur geringfügige Breiteunterschiede. Klar und strichförmig geöffnet bilden sich die Sutura occipitomastoidea, temporo-

parietalis und sphenoparietalis ab, wobei ihre Ränder ebenfalls deutlich auftretende Zähnelung aufweisen. Dieser Gesamtzustand ändert sich - natürlich mit Ausnahme eines starken Längenwachstums der Nahten, bedingt durch die altersbedingten Schädelveränderungen - im Laufe des zweiten Lebensjahres kaum. Charakteristisch für das zweite Lebensjahr ist also eine vermehrte Zähnelung der Nahtränder und ihre allgemeine Annäherung. Prinzipiell sind die Nahtspalten jedoch noch deutlich offen. Der Fonticulus posterolateralis ist am Anfang des zweiten Lebensjahres noch teilweise offen zu erkennen, schließt sich aber in allen Fällen spätestens bis Mitte des zweiten Lebensjahres. Bereits ab dem 18. Monat läßt sich ein beginnender Schluß bzw. ein "Verwischen" der Synchondrosis intraoccipitalis posterior feststellen.

b) Typisches Bild bis zum 24. Monat

Die Lambdanahrt weist eine beginnende Sekundärverzahnung, die wiederum in ihrem cranialen Teil stärker ausgeprägt ist als im caudalen Teil, auf. Ihr unteres Drittel ist noch breit eröffnet (Stelle des späteren Asterion). Kleine Reste der Sutura mendosa (laterales Viertel) waren in wenigen Fällen noch verwaschen in ihrem Verlauf sichtbar. Die Synchondrosis intraoccipitalis posterior ist strichförmig, in den meisten Fällen aber noch gut erkennbar gezeichnet (Stärke etwa $1/4$ von der des 11. Monats). Beide Mastoide sind bereits erkennbar ausgeprägt. Gut zu erkennen ist die Synchondrosis intraoccipitalis anterior (doppelte Breite der Synchondrosis intraoccipitalis posterior). Sie entspricht in der Stärke

etwa der Hälfte des Durchmessers der Synchronchondrosis petrooccipitalis und sphenopetrosa (mediale Anteile) und einem Viertel der Synchronchondrosis sphenoccipitalis. Die fein und fadenförmig geöffneten Suturen zeigen ebenfalls schon auftretende Sekundärzähnelungen.

Drittes Lebensjahr

a) 24. bis 26. Monat

Das Röntgenbild zeigt die Lambdanaht nicht wesentlich anders als mit 24 Monaten. Immer noch sind die caudalen Drittel dieser Naht, anstelle des späteren Asterions, breiter gezeichnet. Die Sutura parietomastoidea bildet sich jetzt klar aus. In den meisten Fällen (60%) ist die Synchronchondrosis intraoccipitalis posterior noch zart angedeutet, teilweise schon (lateral beginnend) treten Verwachsungen auf (verwaschene Zeichnung). Deutliche Verschattungen werden im Gegensatz zum zweiten Lebensjahr in der breiten Synchronchondrosis intraoccipitalis anterior sichtbar. Verschlärkt haben sich augenscheinlich die Synchronchondrosis sphenopetrosa und petrooccipitalis. Breit, klar und unverändert ist die Synchronchondrosis sphenoccipitalis abgebildet.

b) Entwicklung bis zum 30. Monat

Die Lambdanaht weist jetzt eine durchgehende Zähnelung ihrer Ränder mit Sekundärverzahnungen auf und ist im Gegensatz zum Bild bei a) nur noch fadenförmig geöffnet. In der Überwiegenden Anzahl der Röntgenbilder ist die Synchronchondrosis intraoccipitalis posterior beiderseits noch sichtbar, jedoch meist nur noch teilweise (links haupt-

sächlich nur noch andeutungsweise oder insgesamt nur noch bruchstückhaft).

Gut erkennbar, wenn auch fast geschlossen, bilden sich die Sutura parietomastoidea und occipitomastoidea ab. Die Synchrondrosis intraoccipitalis anterior ist noch deutlich in ihrem Verlauf zu erkennen, wenngleich die meisten Röntgenbilder auch hier streifige Veränderungen zeigen. Die vordere und hintere Begrenzung der Felsenbeine in ihrem medialen Anteil sind scharf dargestellt.

c) Entwicklung bis Ende des 3. Lebensjahres

In über 90% der Fälle schließt sich bis zum Ende des 3. Lebensjahres die Synchrondrosis intraoccipitalis posterior. Weiterhin erfolgt die tiefe Verzahnung der späteren Suturen. Die endgültige Form dieser Verzahnungen (nicht zu verwechseln mit Verwachsungen) scheint um diese Zeit in den meisten Fällen im wesentlichen abgeschlossen. Das betrifft jedoch nur die Tabula externa der Diploe., die Tabula interna besitzt noch Spaltenform. Die Synchrondrosis intraoccipitalis anterior zeigt am Ende des dritten Lebensjahres bereits deutlich beginnende Verwachsungserscheinungen.

Viertes Lebensjahr

Im vierten Lebensjahr treten keine wesentlichen Veränderungen mehr ein. Mitte bis Ende des vierten Lebensjahres ergibt sich folgendes Bild: Die Lambdanaht erscheint strichförmig, gezähnt und in ihrem gesamten Verlauf eng zusammengerückt. In ihren medialen Anteilen läßt sich die Synchrondrosis intraoccipitalis posterior in selteneren Fällen nachweisen, öfters je-

doch ist sie verwaschen und kaum erkennbar in ihrem früheren Verlauf zu sehen. Die Sutura mendosa ließ sich bei diesem Röntgenmaterial nur noch in 10% der Fälle in ihren lateralen Teilen in Resten feststellen. Die lateralen Suturen (besonders die Sutura squamosa) sind jetzt dicht aneinandergerückt und erscheinen strichförmig gezeichnet. Die medialen Begrenzungen der Felsenbeinpyramiden treten jetzt scharf hervor und sind nicht mehr so breit zur Umgebung abgesetzt (das Foramen lacerum zeichnet sich jetzt deutlich ab). Der fortschreitende Verschluß der Synchondrosis intraoccipitalis anterior, die in 80% der Fälle Ende des 4. Lebensjahres nur noch schattenhaft in ihrem Verlauf zu erkennen ist, kennzeichnet das vierte Lebensjahr. In der weitaus überwiegenden Anzahl der Fälle erscheint diese Synchondrose bereits gegen Ende des vierten Lebensjahres also im wesentlichen geschlossen zu sein. Sie war auf mehreren Röntgenbildern (z.B. 4 Jahre 6 Monate und 4 Jahre 9 Monate) noch weit bis ins 5. Lebensjahr hinein schattenhaft in Resten sichtbar.

Somit sind, wie das Röntgenmaterial zeigt, die Veränderungen der Suturen und Synchondrosen der kindlichen Schädelbasis bis Ende des vierten Lebensjahres bzw. bis spätestens bis Mitte des fünften Lebensjahres abgeschlossen.

VI. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

a) Erstes Lebensjahr

1. Fonticulus anterolateralis ist spätestens bis zum 3. - 6. Monat geschlossen und bildet später die Sutura sphenoperietalis.
2. Beginnender Schluß des Fonticulus posterolateralis im Laufe der zweiten Hälfte des ersten Jahres (beginnt teilweise schon im 4. Monat).
3. Die Suturen verschmälern sich deutlich (von maximal 3 auf 1 mm).
4. Bereits im 7. Monat tritt die erste Zähnelung (der Tabula externa) an den Nahträndern auf.
5. Zu einem großen Prozentsatz (85%) ist eine Sutura mendosa noch zumindest teilweise nachweisbar.

b) Zweites Lebensjahr

1. In wenigen Fällen sind noch anfänglich Reste des Fonticulus posterolateralis vorhanden, dessen Schluß erfolgt spätestens bis Ende des zweiten Lebensjahres, seine Stelle nimmt später die Sutura parietomastoidea ein.
2. Ab 18. Monat ist ein beginnender Schluß der Synchronosis intraoccipitalis posterior feststellbar, mit gleichzeitiger beginnender immer häufigerer Zähnelung.
3. Vermehrte Zähnelung der Nahtränder und ihre allgemeine Annäherung; die Nahten sind jedoch prinzipiell noch strichförmig geöffnet.
4. Kleinere Reste der Sutura mendosa (laterales Viertel) sind noch in wenigen Fällen verwaschen sichtbar.

5. Erkennbare beginnende Ausbildung der Mastoide.

c) Drittes Lebensjahr

1. In 90% der Fälle ist die Synchronodrosis intraoccipitalis posterior geschlossen, wenn auch in einem Großteil der Fälle noch zart angedeutet zu erkennen.
2. Deutlicher Nachweis von beginnenden Verwachsungen an der Synchronodrosis intraoccipitalis anterior.
3. Deutliche Verschmälerung der Synchronodrosis sphenopetrosa und petrooccipitalis.
4. Tiefe Verzahnung und weiteres Zusammenrücken der Ränder der Externa-Suturen der Diploe. Diese Verzahnung scheint in den meisten Fällen um diese Zeit im wesentlichen abgeschlossen.

d) Viertes Lebensjahr

1. Die Synchronodrosis intraoccipitalis ist nur noch in seltenen Fällen in Fragmenten nachweisbar, sonst ist sie sicher geschlossen.
2. Fortschreitender Verschluß der Synchronodrosis intraoccipitalis anterior, der im Großteil der Fälle Ende des vierten Lebensjahres ungefähr beendet ist; jedoch bleibt sie meist bis weit in das fünfte Lebensjahr (z.B. 4 Jahre, 9 Monate!) schattenhaft sichtbar.
3. Dichte Annäherung der Ränder der Suturen der Schädelbasis (besonders stark bei der Sutura squamosa).
4. Die Sutura mendosa ist hier nur noch in 10% der Fälle in kleinen Resten nachweisbar.

VII. LITERATURVERZEICHNIS

1. Clara, M.: Entwicklungsgeschichte des Menschen
5. Auflage (1955)
2. Decker, K.: Klinische Neuroradiologie
Georg Thieme Verlag, Stuttgart
1, 5, 369 (1960)
3. Dietrich, H.:
Neuro-Röntgendiagnostik des Schädels
VEB Gustav Fischer, Verlag, Jena (1959)
4. Ferner, H.: Entwicklungsgeschichte des Menschen
Ernst Reinhardt Verlag, München/Basel
8. Auflage, 174, 176 (1964)
5. Grashey-Birkner:
Atlas typischer Röntgenbilder vom
normalen Menschen
Urban-Schwarzenberg-Verlag, München
10. Auflage (1964)
6. Loepp, W., R. Lorenz:
Röntgendiagnostik des Schädels
Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1954)
7. Meschan:
Das Röntgenbild des normalen Menschen
Medica Verlag, Stuttgart (1963)
8. Poppe, H.: Technik der Röntgendiagnostik
Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1961)

9. Schinz, R.: Lehrbuch der Röntgendiagnostik, Band I und III
Georg Thieme Verlag, Stuttgart
6. Auflage, (1965)
10. Sobotta-Becher:
Atlas der deskriptiven Anatomie des
Menschen, Band I
Urban-Schwarzenberg Verlag, München
15. Auflage, 38 - 91, 157 (1957)
11. Voss und Herlinger:
Taschenbuch der Anatomie, Band I
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
12. Auflage, 18, 268 (1964)

LEBENS LAUF

Am 3. Juni 1943 wurde ich, Klaus P e m l e r , in Bukarest als Sohn des Leutnants Georg Pemler und seiner Frau Jutta, geb. Hofmann, geboren. Ich bin evangelisch und besitze die deutsche Staatsbürgerschaft.

Nach russischer Internierung in Rumänien zusammen mit meiner Mutter von August 1944 bis Mai 1946 übersiedelten wir nach Rosenheim, der Heimat meines Vaters. 1950 kam meine Schwester zur Welt. Mein Vater ist Offizier der Bundeswehr.

Nach vierjährigem Besuch der evangelischen Volksschule und Übertritt in die Oberrealschule Rosenheim zogen wir im Herbst 1954 nach München um. Hier absolvierte ich im Juli 1963 mein Abitur an der Klenze-Oberrealschule. Im Herbst 1963 erhielt ich die Einberufung als Wehrpflichtiger (W 12) zur Bundeswehr und wurde während dieser Zeit zum Reserveoffizier und Sanitäter ausgebildet. Im November 1964 immatrikulierte ich mich an der medizinischen Fakultät der Universität München. Nach dem WS 66/67 bestand ich das Vorphysikum, nach dem SS 68 das Physikum mit Note II und schloß mein Studium am 19. Juni 1970 mit dem Staatsexamen Note II ab.

Am 21. August 1970 habe ich geheiratet. Mein Hauptwohnsitz ist seit 1. September 1970 Schönberg/Ts. Zur Zeit arbeite ich als Medizinal-Assistent im Kreiskrankenhaus Bad Homburg.

Unter der freundlichen und großzügigen Leitung von Herrn Prof. Dr. med. K. Decker wurde mir Gelegenheit gegeben, die vorliegende Dissertation anzufertigen. Daher möchte ich auf diesem Wege Herrn Professor Decker und seinen Mitarbeitern meinen besonderen Dank aussprechen.

